O Erro Máximo Admissível

Por Gilberto Carlos Fidélis

Como já destacado em vários outros artigos a confusão na terminologia é grande, e muitas vezes não tomamos os devidos cuidados ao usar um ou outro termo e passamos, dessa forma, a contribuir na confusão gerada por falta de cuidado no uso destes termos.

A Faixa de Indicação é o conjunto de valores limitados pelas indicações extremas. A faixa de indicação é expressa nas unidades marcadas no mostrador, independentemente da unidade do mensurando. É normalmente estabelecida em termos dos seus limites inferior e superior, por exemplo: 100°C a 200°C. A faixa de indicação é o intervalo entre o menor e maior valor que o dispositivo mostrador do instrumento de medição teria condições de apresentar como indicação.

Nos medidores com mostrador analógico a faixa de indicação corresponde ao intervalo limitado pelos valores extremos da escala. É comum especificar a capacidade dos instrumentos com mostradores digitais como sendo, por exemplo, de 3 ½ dígitos quando o valor máximo é ± 1999 ou 4 dígitos quando valor máximo é ± 9999.

Exemplos de faixas de indicação:

- Manômetro : 0 a 20 MPa
- Termômetro : 700 a 1200°C
- Contador : 5 dígitos (isto é, 99999 pulsos)
- Voltímetro : ± 1,999 V (isto é, ± 3 ½ dígitos)

Quando o mesmo equipamento de medição permite que várias faixas de indicação sejam selecionadas através da ação de controles do equipamento, isto é, em seu mostrador estão presentes várias escalas, sendo que apenas uma é selecionada ativa a cada momento, cada uma destas faixas é denominada de faixa nominal.

Analisaremos o caso do manômetro citado anteriormente cuja faixa de indicação é de 0 a 20 MPa. Será que os erros deste instrumento permitem medir dentro de toda a faixa de 0 a 20 MPa? Como posso chegar a essa conclusão? Responderemos isso adiante.

Na figura 1a, temos um termômetro com mostrador analógico cuja faixa de indicação é de -30°C a 70°C. Na figura 1b, um manômetro, também com mostrador analógico, com uma faixa de indicação, em preto, de 0 a 2000 kPa e outra em vermelho, interna, com faixa de indicação de 0 a 300 psi. Na figura 1c, um exemplo de termômetro com mostrador digital com faixa de indicação, destacada abaixo do próprio mostrador, de -60 a 99°C.

Figura 1a.

Figura 1b.

Figura1c.

Veremos na seqüência do artigo que a faixa de medição pode ser igual a faixa de indicação desde que estes instrumentos de medição atendam aos requisitos de erros máximos admissíveis.

Para apresentarmos o conceito de faixa de medição devemos primeiro discutir dois conceitos importantes: Erros Máximos Admissíveis (EMA) e Classe de Exatidão (CE).

Erros Máximos Admissíveis são os valores extremos de um erro admissível por especificações, regulamentos, etc., para um dado instrumento de medição.

A Classe de Exatidão é a Classe de instrumentos de medição que satisfazem a certas exigências metrológicas destinadas a conservar os erros dentro de limites especificados. Os EMA ajudam na definição das CE como veremos a seguir nos exemplos. Geralmente as classes de erros estão definidas em normas técnicas, recomendações ou portarias , nacionais ou internacionais.

Os manômetros, por exemplo, são classificados pela NBR 14105 - Manômetros com sensor de elemento elástico - Recomendações de fabricação e uso, segundo a classe de exatidão em A4, A3, A2 e A1. Nesta classificação os erros máximos admissíveis não devem exceder os seguintes limites:

- classe A4 = ± 0,10%;
- classe A3 = ± 0,25%;
- classe A2 = ± 0,50%;
- classe A1 = ± 1,0%.

Como interpretar essa informação? Usaremos como exemplo um manômetro cuja classe de exatidão é A4 com faixa de indicação de 0 a 400 MPa. O valor de ± 0,1% deve ser determinado em relação à faixa de indicação. Para este manômetro o valor mínimo da faixa de indicação é zero e o valor máximo é 400 MPa. Assim o valor de referência é 400 (que é a diferença entre 400 e zero) e o erro máximo admissível é, portanto, em valores absolutos, ±0,1% de 400, ou seja, ±0,4 MPa. O interessante é que para qualquer valor de pressão medida o erro aceitável é igual a ±0,4 MPa. Não importa se o valor da pressão é baixa ou alta. A figura 2 apresenta o gráfico da calibração de um manômetro. Observe a linha vermelha que demarca o erro máximo admissível.

É importante ressaltar que a norma NBR 14105 não exige que a incerteza de medição seja considerada no processo de enquadramento de um manômetro dentro de uma das classes. O que importa é o valor do erro máximo encontrado na calibração do manômetro. É correto realizar a classificação do manômetro dessa forma? Não, realmente não. A norma NBR ISO/IEC 17025 exige que o laboratório que realiza calibração ao fazer uma declaração de conformidade, que na prática significa, por exemplo, declarar que um manômetro atende a classe A4, leve em consideração a incerteza da calibração. Assim, para que um manômetro realmente seja enquadrado na classes A4, a soma da incerteza de medição com o módulo do erro máximo obtido na calibração deve ser menor do que ±0,1%. Normas como a NBR 14105 precisam evoluir com relação aos novos conceitos da moderna metrologia.

Os manômetros de classe A4 (± 0,10%) obrigatoriamente são mais exatos do que aqueles classificados como classe A3 (± 0,25%). Isto significa que os manômetros de classe A4 apresentarão resultados mais próximos dos valores verdadeiros convencionais do que os de classe A3. Isto é exatidão. Um conceito que exprime qualidade. Podemos afirmar que com o instrumento de classe A4 obteremos resultados de melhor qualidade, o que significa menores erros de indicação, do que os da classe A3.

Outros dois termos que geralmente geram confusão são: faixa de medição e faixa de indicação. Afinal qual a diferença entre elas?

A Faixa de Medição é definida como o conjunto de valores de um mensurando para o qual admite-se que o erro de um instrumento de medição mantém-se dentro dos limites especificados. Alguns exemplos de especificação de uma faixa de medição:

- Termômetro com faixa de medição de - 50 a 300°C
- Medidor de deslocamento com faixa de medição de ± 50 mm (ou - 50 a + 50 mm)

A faixa de medição é menor ou, no máximo, igual à faixa de indicação. O valor da faixa de medição é obtido através:

- do manual de utilização do instrumento de medição
- de sinais gravados sobre a escala, limitando o uso do instrumento dentro de uma certa faixa de valores

- das especificações de normas técnicas e
- principalmente dos certificados de calibração, como veremos no exemplo adiante.

Na figura 2 observamos uma curva de calibração de um instrumento de medição, por exemplo, um manômetro de classe A4. A curva de erros está representada pela linha contínua azul. A incerteza de medição da calibração está representada pela linha verde, vertical, em cada ponto de calibração. O erro máximo neste exemplo é constante ao longo da faixa de indicação e estão limitados pelas linhas vermelhas paralelas ao eixo das abscissas (indicação). A calibração revela que os erros de indicação variam ao longo da faixa de indicação e superam o erro máximo admissível no ponto A. Dessa forma, a região onde efetivamente os erros de medição foram menores que os erros máximos admissíveis é a faixa de medição deste instrumento. A pergunta que você deve estar fazendo nesse momento pode ser a seguinte: "mas se eu precisar utilizar o instrumento de medição em toda a faixa de indicação?". Há dois caminhos a serem seguidos. O primeiro e o mais recomendado é solicitar o ajuste do instrumento de medição. O ajuste deve reduzir os valores dos erros buscando fazer com que estes fiquem dentro das linhas limitadas pelos erros máximos admitidos. Se isso for conseguido, pois pode ser que mesmo tentando ajustar os erros não sejam reduzidos, é possível que a faixa de medição fique do mesmo tamanho da faixa de indicação. O outro caminho possível é fazer a correção de erros a partir do ponto A, para que os erros de medição sejam efetivamente compensados. Esta correção é mais trabalhosa e exige que seja realizada a cada medição, mas pode ser um bom caminho se você não tem recursos financeiros para fazer a troca do instrumento de medição de imediato. O mais importante é você garantir que as correções estejam sendo realizadas na prática.

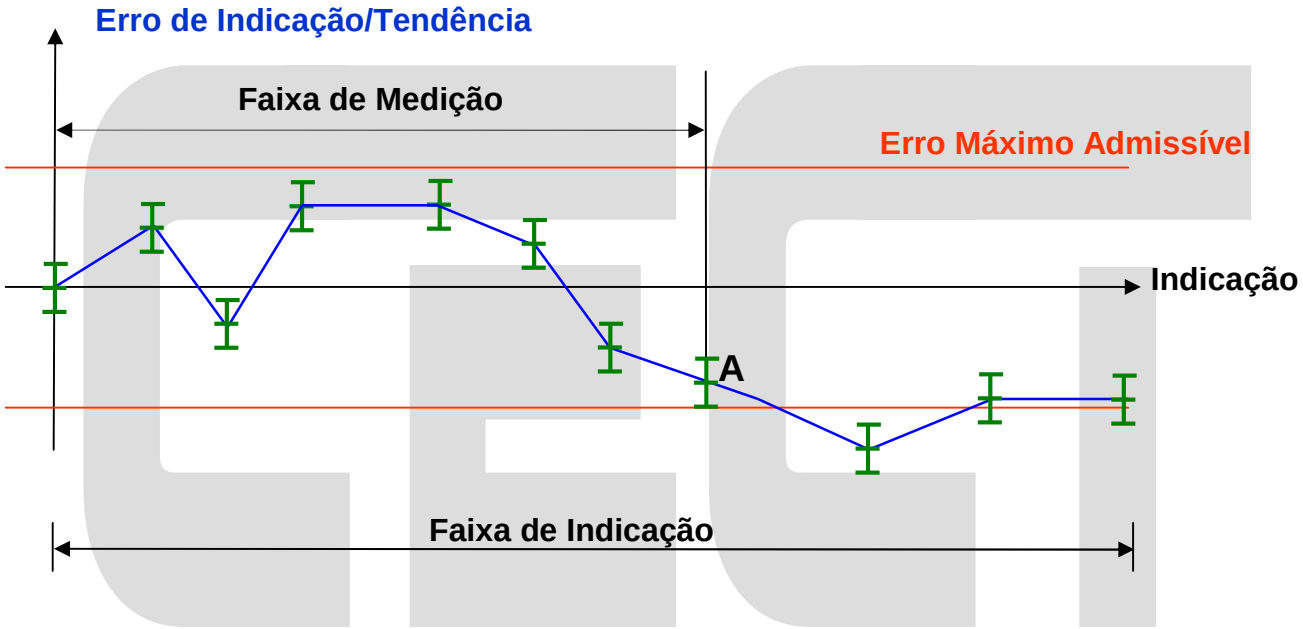

Figura 2. Curva de erros para um manômetro. Observe que a faixa de medição é menor que a faixa de indicação.

Gilberto Carlos Fidélis é Gerente de Capacitação do Departamento de Capacitação em Metrologia e Qualidade do Centro de Educação, Consultoria e Treinamento – CECT e é Gerente da Redação da Revista Metrologia e Qualidade (gcfidelis@cect.com.br)